

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-284122

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-284122 ]

出 願 人

Applicant(s):

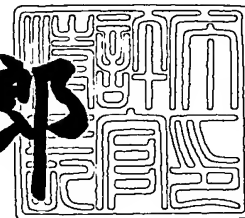
富士写真フイルム株式会社

Masayuki NAYA Q77613  
MEASURING METHOD AND APPARATUS  
USING ATTENUATED TOTAL REFLECTION  
Filing Date: September 25, 2003  
Darryl Mexic 202-293-7060  
(1)

2003年 4月18日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3028671

【書類名】 特許願

【整理番号】 P26988J

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 G01N 21/27

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 納谷 昌之

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100073184

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳田 征史

【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐久間 剛

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【ブルーフの要否】 要

【書類名】

明細書

【発明の名称】

全反射減衰を利用した測定方法および測定装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の波長を含み、相当の大きさの断面積をもった平行光束を、誘電体ブロックの一面に形成された薄膜層、およびこの薄膜層上に試料を保持する試料保持機構を備えてなる測定ユニットの前記誘電体ブロックを通して該誘電体ブロックと前記薄膜層との界面で全反射条件が得られる角度で入射させ前記界面で全反射した平行光束から、所定の波長の平行光束を選択し、選択された平行光束の断面における光強度分布を測定する全反射減衰を利用した測定方法。

【請求項 2】

前記所定の波長の平行光束を選択する際、複数の波長の平行光束を同時に選択し、前記複数の波長の平行光束の断面の光強度分布を、それぞれ検出するものであることを特徴とする請求項 1 記載の全反射減衰を利用した測定方法。

【請求項 3】

誘電体ブロックの一面に形成された薄膜層、およびこの薄膜層上に試料を保持する試料保持機構を備えてなる測定ユニットと、複数の波長を含み、相当の大きさの断面積をもった平行光束を発生させる光源から射出され前記平行光束を、前記誘電体ブロックを通して該誘電体ブロックと前記薄膜層との界面で全反射条件が得られる角度で入射させる照射手段と、前記界面で全反射した平行光束の光路中に配され、前記複数の波長を含む平行光束から、所定の波長の平行光束を選択する波長選択手段と、該波長選択手段により選択された平行光束の断面における光強度分布を検出する 2 次元光検出手段とを備えたことを特徴とする全反射減衰を利用した測定装置。

【請求項 4】

前記波長選択手段が、複数の波長の平行光束を同時に選択するものであり、前記 2 次元検出手段が、前記複数の波長の平行光束の断面の光強度分布を、それぞれ検出するものであることを特徴とする請求項 3 記載の全反射減衰を利用し

た測定装置。

【請求項 5】 前記誘電体ブロックにおける前記平行光束の分散を抑制する分散抑制機構を備えたことを特徴とする請求項 3 または 4 記載の全反射減衰を利用した測定装置。

【請求項 6】 前記平行光束の光軸に対して、前記誘電体ブロックの入射面が垂直になるように形成された前記誘電体ブロックが、前記分散抑制機構を構成するものであることを特徴とする請求項 5 記載の測定手段。

【請求項 7】 前記誘電体ブロックにおける前記平行光束の分散を補償する分散補償手段を備えたことを特徴とする請求項 3 または 4 記載の全反射減衰を利用した測定装置。

【請求項 8】 前記薄膜層上に、前記試料中の特定成分と相互作用を生じるセンシング物質が配されていることを特徴とする請求項 3 から 7 いずれか 1 項記載の全反射減衰を利用した測定装置。

【請求項 9】 前記誘電体ブロックが、前記平行光束の入射端面および出射端面を有する第 1 の部分と、前記薄膜層が形成される面を有する前記第 1 の部分とは別体に構成された第 2 の部分とからなり、

前記第 2 の部分が、前記第 1 の部分と屈折率マッチング手段を介して接合されるものであることを特徴とする請求項 3 から 8 いずれか 1 項記載の全反射減衰を利用した測定装置。

【請求項 10】 前記測定ユニットの誘電体ブロック、薄膜層および試料保持機構が一体化されているものであることを特徴とする請求項 3 から 8 いずれか 1 項記載の全反射減衰を利用した測定装置。

【請求項 11】 前記波長選択手段が、前記平行光束を分光する分光手段と、前記分光された光束の一部を集光してスリットを通過させ、その後に平行光束に変換する選択手段と、前記分光手段と前記選択手段の相対角度を変更する走査手段とを有するものであることを特徴とする請求項 3 から 10 いずれか 1 項記載の全反射減衰を利用した測定装置。

【請求項 12】 前記分光手段が、回折格子またはプリズムであることを特徴とする請求項 11 記載の全反射減衰を利用した測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、表面プラズモンの発生を利用して試料中の特定物質の分析を行う表面プラズモン測定装置等の全反射減衰を利用した測定方法および測定装置に関し、特に詳細には、複数の波長の中から選択した波長の平行光束により、二次元的な広がりをもつ測定領域の全反射減衰の状態を検出する全反射減衰を利用した測定方法および測定装置に関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

金属中においては、自由電子が集団的に振動して、プラズマ波と呼ばれる粗密波が生じる。そして、金属表面に生じるこの粗密波を量子化したものは、表面プラズモンと呼ばれている。

## 【0003】

従来より、この表面プラズモンが光波によって励起される現象を利用して、試料の物性を分析する表面プラズモン測定装置が種々提案されている。そして、それらの中で特によく知られているものとして、Kretschmann配置と称される系を用いるものが挙げられる（例えば特許文献1参照）。

## 【0004】

上記の系を用いる表面プラズモン測定装置は基本的に、例えばプリズム状に形成された誘電体ブロックと、この誘電体ブロックの一面に形成されて試料に接触させられる金属薄膜と、光ビームを発生させる光源と、上記光ビームを誘電体ブロックに対して、該誘電体ブロックと金属薄膜との界面で全反射条件となり、かつ、表面プラズモン共鳴条件を含む種々の入射角が得られるように入射させる光学系と、上記界面で全反射した光ビームの強度を測定して表面プラズモン共鳴の状態を検出する光検出手段とを備えてなるものである。

## 【0005】

上記構成の表面プラズモン測定装置において、光ビームを金属薄膜に対して全反射角以上の特定入射角  $\theta_{SP}$  で入射させると、該金属薄膜に接している試料中

に電界分布をもつエバネッセント波が生じ、このエバネッセント波によって金属薄膜と試料との界面に表面プラズモンが励起される。エバネッセント光の波数ベクトルが表面プラズモンの波数と等しくて波数整合が成立しているとき、両者は共鳴状態となり、光のエネルギーが表面プラズモンに移行するので、誘電体ブロックと金属薄膜との界面で全反射した光の強度が鋭く減衰する。この光強度の減衰は、一般に上記光検出手段により暗線として検出される。したがって、この全反射減衰が生じる入射角である全反射減衰角  $\theta_{SP}$  より表面プラズモンの波数が分かる。

## 【0006】

上記のタイプの表面プラズモン測定装置においては、共鳴波数の測定は、波長を固定して、入射角を走査する、または種々の入射角で光ビームを入射させることにより行われるが、逆に入射角を固定し、波長を走査することによって、同様に共鳴波数を得ることもできる（例えば、非特許文献1参照）。

## 【0007】

波長を走査するタイプの表面プラズモン測定装置としては、複数の波長の光ビームを発生させる光源と、上記光ビームから所望の単一波長の光ビームを選択することにより波長走査を行う波長選択部と、この単一波長の光ビームを誘電体ブロックに対して、該誘電体ブロックと金属薄膜との界面で全反射条件となるように入射させる光学系と、上記界面で全反射した光ビームの光強度を測定する光検出手段とを備えてなるものが知られている（例えば、非特許文献2参照）。

## 【0008】

この測定装置においては、入射角を固定し、波長走査を行って測定を繰り返し、全反射減衰が生じる波長である全反射減衰波長  $\lambda_{SP}$  を検出することにより表面プラズモンの波数を検出している。なお上記の共鳴は、入射ビームがp偏光のときにだけ生じる。したがって、光ビームがp偏光で入射するように予め設定しておく必要がある。

## 【0009】

上記共鳴波数、すなわち表面プラズモンの波数が分かると、試料の誘電率が求められる。すなわち表面プラズモンの波数を  $K_{SP}$ 、表面プラズモンの角周波数

を  $\omega$ 、 $c$  を真空中の光速、 $\epsilon_m$  と  $\epsilon_s$  をそれぞれ金属、試料の誘電率とすると、以下の関係がある。

【0010】

【数1】

$$K_{SP}(\omega) = \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{\epsilon_m(\omega)\epsilon_s}{\epsilon_m(\omega) + \epsilon_s}}$$

試料の誘電率  $\epsilon_s$  が分かれば、所定の較正曲線等に基づいて試料の屈折率が分かるので、結局、上記全反射減衰が生じる全反射減衰角  $\theta_{SP}$  または全反射減衰波長  $\lambda_{SP}$  を知ることにより、試料の屈折率あるいは屈折率に関連する特性を分析することができる。

【0011】

また、全反射減衰を利用する類似の測定装置として、例えば誘電体クラッド層を用いた漏洩モード測定装置も知られている（例えば非特許文献3参照）。この漏洩モード測定装置は基本的に、例えばプリズム状に形成された誘電体ブロックと、この誘電体ブロックの一面に形成されたクラッド層と、このクラッド層の上に形成されて、試料に接触させられる光導波層と、光ビームを発生させる光源と、上記光ビームを上記誘電体ブロックに対して、該誘電体ブロックとクラッド層との界面で全反射条件が得られ、かつ光導波層での導波モードの励起による全反射減衰が生じ得るように種々の角度で入射させる光学系と、上記界面で全反射した光ビームの強度を測定して導波モードの励起状態、つまり全反射減衰状態を検出する光検出手段とを備えてなるものである。

【0012】

上記構成の漏洩モード測定装置において、光ビームを誘電体ブロックを通してクラッド層に対して全反射角以上の入射角で入射させると、このクラッド層を透過した後に光導波層においては、ある特定の波数を有する特定入射角の光のみが導波モードで伝搬するようになる。こうして導波モードが励起されると、入射光のほとんどが光導波層に取り込まれるので、上記界面で全反射する光の強度が鋭く低下する全反射減衰が生じる。そして導波光の波数は光導波層の上の試料の屈

折率に依存するので、全反射減衰が生じる全反射減衰角  $\theta_{SP}$  を知ることによって、試料の屈折率や、それに関連する試料の特性を分析することができる。また上記表面プラズモン測定装置と同様に、入射角を固定し、波長を走査することによって、全反射減衰波長  $\lambda_{SP}$  を知ることにより、試料の屈折率あるいは屈折率に関連する特性を分析することができる。

## 【 0 0 1 3 】

また、上述した表面プラズモン測定装置や漏洩モード測定装置による物性の分析においては、複数の試料について同一条件で測定したい場合や、試料の二次元的な物性情報を得たい場合等があり、これらに応用することも考えられている。例えば表面プラズモン測定装置による試料の二次元的な物性分析を例に挙げると、界面の二次元的な広がりを持つ領域に所定入射角で所定波長の平行光束を入射させた場合、該領域のうち、試料の屈折率が、その入射角かつその波長で全反射減衰を生じる屈折率となっている部分で全反射した光成分が暗点として検出される。そこで、ある程度広い光束断面を持つ複数の波長の平行光束を用い、この平行光束から所望の単一波長の平行光束を選択し、誘電体ブロックと金属薄膜との界面に入射させ、この界面で全反射した平行光束の断面の光強度分布を検出すれば、上記界面に沿った面内での試料の二次元的な屈折率分布に関連する特性を測定することができる。（例えば非特許文献 4 参照）。

## 【 0 0 1 4 】

上述のことは、全反射減衰が表面プラズモン共鳴によって生じる代わりに、前記導波層での導波モードの励起によって生じるという点が異なるだけで、漏洩モード測定装置においても同様に認められるから、漏洩モード測定装置を適用して同じように試料の二次元物性を求めることも可能である。

## 【 0 0 1 5 】

## 【特許文献 1】

特開平 6 - 1 6 7 4 4 3 号公報

## 【 0 0 1 6 】

## 【非特許文献 1】

"Surface plasmon resonance sensors based on diffraction grating a



nd prism couplers:sensitivity comparizon";Sensors and Actuators B 54(1999),P16-P24

【 0 0 1 7 】

【非特許文献 2】

"Porous Gold in Surface Plasmon Resonance Measurement"; EUROSENSORS XIII, 1999, P585-P588

【 0 0 1 8 】

【非特許文献 3】

「分光研究」第 4 7 巻 第 1 号 ( 1 9 9 8 ) 第 2 1 ~ 2 3 頁および第 2 6 ~ 2 7 頁

【 0 0 1 9 】

【非特許文献 4】

"Developmennt of a Two-Dimensional Evalution Method for Thin Layers Using Surface Plasmon Resonance";Chemistry Letters 2001, P1312-1313

【 0 0 2 0 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記非特許文献 4 記載の測定装置では、複数の波長の平行光束を用い、この平行光束から所望の単一波長の平行光束を選択し、誘電体ブロックと金属薄膜との界面に入射させて反射光の断面の光強度分布を光検出手段で検出するようにしているため、室内灯等に起因する迷光を除去するために、界面で反射された平行光束の波長近傍の波長の光のみを透過させる波長選択フィルタを光検出手段の近傍の光路中へ配置する必要がある。また、この平行光束の波長を走査する場合には、この波長選択フィルタにおける透過波長も走査する必要がある。このため、波長選択フィルタは複雑で大がかりなものとなり、測定装置の大型化およびコストの増加を招くという問題がある。

【 0 0 2 1 】

本発明は上記の事情に鑑みて、安価で小型な全反射減衰を利用した測定方法および測定装置を提供することを目的とするものである。

【 0 0 2 2 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明による全反射減衰を利用した測定方法は、複数の波長を含み、相当の大きさの断面積をもった平行光束を、誘電体ブロックの一面に形成された薄膜層、およびこの薄膜層上に試料を保持する試料保持機構を備えてなる測定ユニットの前記誘電体ブロックを通して該誘電体ブロックと前記薄膜層との界面で全反射条件が得られる角度で入射させ、

前記界面で全反射した平行光束から、所定の波長の平行光束を選択し、選択された平行光束の断面における光強度分布を測定することを特徴とする。

## 【0023】

なお「平行光束」とは、完全に平行な光束に限定されるものではなく、全反射減衰の状態を測定可能な程度であれば、集光あるいは分散する光束であってもよい。また、上記誘電体ブロックは、上記複数の波長に対して透明であることが望ましい。以下同様である。

## 【0024】

上記全反射減衰を利用した測定方法は、所定の波長の平行光束を選択する際、複数の波長の平行光束を同時に選択し、前記複数の波長の平行光束の断面の光強度分布を、それぞれ検出するものであってもよい。

## 【0025】

本発明による全反射減衰を利用した測定装置は、誘電体ブロックの一面に形成された薄膜層、およびこの薄膜層上に試料を保持する試料保持機構を備えてなる測定ユニットと、

複数の波長を含み、相当の大きさの断面積をもった平行光束を発生させる光源から射出され前記平行光束を、前記誘電体ブロックを通して該誘電体ブロックと前記薄膜層との界面で全反射条件が得られる角度で入射させる照射手段と、

前記界面で全反射した平行光束の光路中に配され、前記複数の波長を含む平行光束から、所定の波長の平行光束を選択する波長選択手段と、

該波長選択手段により選択された平行光束の断面における光強度分布を検出する2次元光検出手段とを備えたことを特徴とするものである。

## 【0026】

前記波長選択手段が、複数の波長の平行光束を同時に選択するものであれば、前記２次元検出手段は、前記複数の波長の平行光束の断面の光強度分布を、それぞれ検出するものであることが望ましい。

【 0 0 2 7 】

上記測定装置は、前記誘電体ブロックにおける前記平行光束の分散を抑制する分散抑制機構を備えたものであってもよい。

【 0 0 2 8 】

前記平行光束の光軸に対して、前記誘電体ブロックの入射面が垂直になるように形成された前記誘電体ブロックは、前記分散抑制機構を構成するものであってもよい。

【 0 0 2 9 】

また、上記測定装置は、前記誘電体ブロックにおける前記平行光束の分散を補償する分散補償手段を備えたものであってもよい。

【 0 0 3 0 】

前記薄膜層上に、前記試料中の特定成分と相互作用を生じるセンシング物質を配してもよい。この際、薄膜上の異なる部分に同一種類もしくは異なる種類の複数のセンシング物質を配してもよい。複数のセンシング物質を配する際、上述の「相当の大きさの断面積」はこの複数のセンシング物質に亘って同時に光ビームを照射することができる程度の断面積をいう。

【 0 0 3 1 】

上記誘電体ブロックは、前記平行光束の入射端面および出射端面を有する第１の部分と、前記薄膜層が形成される面を有する前記第１の部分とは別体に構成された第２の部分とからなり、前記第２の部分が、前記第１の部分と屈折率マッチング手段を介して接合されるものであってもよい。すなわち、第２の部分が第１の部分に対して交換可能となっている。

【 0 0 3 2 】

上記測定ユニットの誘電体ブロック、薄膜層および試料保持機構は一体化されているものであってもよい。

【 0 0 3 3 】

前記波長選択手段は、前記平行光束を分光する分光手段と、前記分光された光束の一部を集光してスリットを通過させ、その後に平行光束に変換する選択手段と、前記分光手段と前記選択手段の相対角度を変更する走査手段とを有するものであってもよい。

【 0 0 3 4 】

上記分光手段は、グレーティングまたはプリズムであってもよい。

【 0 0 3 5 】

【発明の効果】

本発明の測定方法および測定装置は、複数の波長を含み、相当の大きさの断面積をもった平行光束を、誘電体ブロックの一面に形成された薄膜層、およびこの薄膜層上に試料を保持する試料保持機構を備えてなる測定ユニットの前記誘電体ブロックを通して該誘電体ブロックと前記薄膜層との界面で全反射条件が得られる角度で入射させ、前記界面で全反射した平行光束から、所定の波長の平行光束を選択し、選択された平行光束の断面における光強度分布を測定するため、所定の波長を選択する際に、迷光を排除することができ、従来の全反射減衰を利用した測定方法および測定装置において用いられている波長選択フィルタが不要となるので、測定装置の小型化および低コスト化が可能となる。

【 0 0 3 6 】

また、上記所定の波長の平行光束を選択する際に、複数の波長の平行光束を同時に選択し、この複数の波長の平行光束の断面の光強度分布を、それぞれ検出するものであれば、測定効率を向上させることができる。また複数の波長により検出した全反射減衰の状態を比較することができる。

【 0 0 3 7 】

前記誘電体ブロックにおける前記平行光束の分散を抑制する分散抑制機構を備えれば、誘電体ブロックにおける平行光束の分散を抑制することができ、測定精度を向上させることができる。また、平行光束の光軸に対して、誘電体ブロックの入射面が垂直になるように形成された誘電体ブロックが、分散抑制機構を構成するものであれば、分散抑制機構を別個に設ける必要がない。

【 0 0 3 8 】

また、誘電体ブロックにおける前記平行光束の分散を補償する分散補償手段を備えるものであれば、誘電体ブロックにおける平行光束の分散を補償することができ、測定精度を向上させることができる。

#### 【 0 0 3 9 】

前記試料が液体試料であり、前記薄膜層上に、前記液体試料中の特定成分と相互作用を生じるセンシング物質が配されている場合には、センシング物質と液体試料中の特定物質との相互作用の有無を測定することができる。また、薄膜層上の異なる位置に複数のセンシング物質を配しておけば、該複数のセンシング物質とそれぞれ相互作用する、試料中の異なる特定物質を同時に検出することができ測定効率が向上する。

#### 【 0 0 4 0 】

前記誘電体ブロックが、前記平行光束の入射端面および出射端面を有する第 1 の部分と、前記薄膜層が形成される面を有する前記第 1 の部分とは別体に構成された第 2 の部分とからなり、前記第 2 の部分が、前記第 1 の部分と屈折率マッチング手段を介して接合されるものであれば、前記第 2 の部分を第 1 の部分に対して交換可能であり、測定装置に第 1 の部分を 1 つ備え、多数の第 2 の部分を用いて順次測定を行うことができ、測定コストを低減することができる。

#### 【 0 0 4 1 】

また、前記測定ユニットの誘電体ブロック、薄膜層および試料保持機構が一体化されているものであれば、前記測定ユニットを順次交換することにより、次々と異なる測定ユニットを用いた測定が可能であり、測定効率が向上する。

#### 【 0 0 4 2 】

#### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。図 1 は、本発明の第 1 の実施形態による、測定装置の概略側面形状を示すものである。

#### 【 0 0 4 3 】

本実施形態の装置は前述した表面プラズモン測定装置として形成されたものである。本表面プラズモン測定装置において、測定ユニット 10 は、PMMA 等の透明樹脂や BK 7 等の光学ガラスを用いて例えば三角柱状に形成された透明な誘電

体プリズム11と、この誘電体プリズム11の上面に（図1においては面11a）に形成された例えば金、銀、銅、アルミニウム等からなる金属薄膜12とを有しており、分析対象の試料13は、この金属薄膜12の上に配置される。なお、図1に示すように配置された誘電体ブロック11および金属薄膜12が、本発明の試料保持機構として機能している。

## 【0044】

図示の表面プラズモン測定装置は、上記測定ユニット10と、相当の断面積を有する平行光束であり、複数の波長の光を含む白色光である光ビームLを発する光源である光源1と、誘電体プリズム11の金属薄膜12が設けられていない面11bから入射され、誘電体プリズム11と金属薄膜12の界面11aで反射され、プリズム11の他の面11cから出射された光ビームLから所望の波長の光ビームL1を選択する波長選択部20と、該波長選択部20で選択された光ビームL1の光強度分布を2次元画像として撮像するCCD3と、該CCD3から出力された画像信号に信号処理を施す信号処理部4と、信号処理部4から出力された画像信号を画像として表示する表示部5とから構成されている。

## 【0045】

なお、誘電体プリズム11は、発明の誘電体ブロックとして機能するものであり、光ビームLが誘電体プリズム11の面11bに対して略垂直に入射し、かつ界面11aにおいて全反射した光ビームLが誘電体プリズム11の面11cから略垂直に射出するような形状に形成されている。

## 【0046】

波長選択部20は、光ビームLを分光する波長掃引型の回折格子21と、回折格子21とCCD3の間に直線的に配置された集光レンズ22、スリット23およびコリメートレンズ24から構成されている。スリット23は、集光レンズ22の焦点近傍に配置され、回折格子21により所定角度で反射された光以外の光を遮光している。このため、所望の波長帯域の光ビームL1のみが抽出され、CCD3によりその光強度分布が撮像される。

## 【0047】

回折格子21には、不図示のモータが取り付けられており、このモータにより回

折格子21を、入射する光ビームLおよび該回折格子で反射した光ビームLにより形成される平面に対して垂直な軸を回転軸として回転させ、光ビームLが回折格子21へ入射する角度を変化させると、集光レンズ22に入射する光ビームL 1の波長が変化する。本実施の形態においては、波長 $\lambda$  1の光ビームL 1が集光レンズ22へ入射するように、回折格子21の角度が設定されている。

## 【 0 0 4 8 】

以下、上記構成の表面プラズモン測定装置の作用について説明する。光源1から射出された光ビームLは、誘電体プリズム11の面11bに略垂直に入射し、該プリズム11を透過して、該プリズム11と金属薄膜12との界面11aに所定の角度で入射する。なお、光ビームLは、相当の断面積を有する平行光束であり、複数の波長の光からなる白色光である。光ビームLの界面11aに対する入射角 $\theta$ は、該界面11aにおいて全反射条件が得られる角度であり、かつ、試料中の特定物質が金属薄膜12上に存在する時に所定の波長 $\lambda$  1で、表面プラズモン共鳴に伴う全反射減衰が検出される角度に設定されている。

## 【 0 0 4 9 】

また光ビームLは、表面プラズモン共鳴を励起するためには前述の通り界面11aに対してp偏光で入射する必要がある。そのようにするためには、予め光源1をそのような光ビームLが射出されるように設定してもよいし、あるいは波長板や偏光板で光ビームLの偏光の向きを制御してもよい。

## 【 0 0 5 0 】

界面11aに入射した光ビームLはそこで全反射し、全反射した光ビームLは誘電体プリズム11の面11cから出射し、回折格子21へ入射して分光される。集光レンズ22、スリット23およびコリメートレンズ24により、波長 $\lambda$  1の光ビームL 1のみが抽出され、CCD 3に入射される。CCD 3において、光ビームL 1の光強度分布が2次元画像として撮像され、信号処理部4において信号処理が施され、表示部5へ表示される。

## 【 0 0 5 1 】

なお、この際には、上述のように予め所望の波長 $\lambda$  1を選択する角度に、回折格子21の角度を設定しておいて、所望波長 $\lambda$  1の光ビームL 1の光強度分布を撮

像してもよいし、あるいは回折格子21を回転させて、波長を掃引しながら撮像を行い、複数の波長の光ビームL1の光強度分布を順次撮像してもよい。

#### 【0052】

上述のように界面11aで白色光である光ビームLが全反射するとき、界面11aにおける屈折率に応じた所定の波長において、界面11aから金属薄膜12側にエバネッセント波が浸み出し、このエバネッセント波が金属薄膜12の表面に励起する表面プラズモンと共鳴するので、この波長の光については反射光強度が鋭く減衰する。なお、図2には、この全反射減衰が生じた際の波長 $\lambda$ と反射光強度Iとの関係を模式的に示してある。金属薄膜12上に特定物質が存在する箇所と、特定物質が存在しない箇所とでは、このエバネッセント波が金属薄膜12の表面に励起する波長が異なるため、例えば、被検体たる試料15中の特定物質が金属薄膜上に存在する場合に表面プラズモン共鳴が起こりうる波長である波長 $\lambda_1$ の光ビームL1の光強度分布を撮像することにより、金属薄膜12上に試料中の特定物質が存在する箇所では表面プラズモン共鳴に伴う全反射減衰が観測されることとなる。すなわち、全反射減衰を利用して試料中の特定物質の二次元的な分布を観測することができる。具体的には、例えば、電気泳動に用いられたゲルシート等の試料を金属薄膜上に載置して測定を行うことにより、試料に分布している特定物質（分析対象物質）の二次元物性情報を得ることができる。

#### 【0053】

また、本実施の形態においては、誘電体プリズム11の界面11aで全反射した光ビームLから、波長 $\lambda_1$ の光ビームL1を選択し、選択された光ビームL1における光強度分布を測定するため、光ビームLから光ビームL1を選択する際に、迷光を排除することができ、従来の表面プラズモン測定装置において用いられている波長選択フィルタが不要となるので、測定装置の小型化および低コスト化が可能となる。

#### 【0054】

また、誘電体プリズム11に入射する光ビームLの光軸に対して、誘電体プリズム11の面11bが略垂直になるように誘電体プリズム11を形成したので、誘電体プリズム11における光ビームLの分散を抑制することができ、測定精度を向上させ



ることができる。また、誘電体プリズム11の面11cも、界面11aで全反射して出射する光ビームLに対して略垂直になるように誘電体プリズム11が形成されているため、一層光ビームLの分散が抑制される。また、誘電体プリズム11における光ビームLの分散を抑制するために、特別な分散抑制機構を備える必要が無い。

## 【0055】

さらに、波長選択手段として回折格子21により光ビームLを分光し、集光レンズ22により、光ビームL1を集光してスリット23を通過させ、その後に平行光ビームに変換するコリメートレンズ24とを備えたため、回折格子21を不図示のモータにより回転させることで、容易に所望の波長を選択することができる。なお、分光手段としては、回折格子21を用いたが、これに限定されるものではなく、例えば分光プリズム等を用いてもよい。

## 【0056】

なお、誘電体プリズム11の形状が、上記のように、誘電体プリズム11における分散を抑制する形状でない場合には、図3に示すように、誘電体プリズム11における分散を補償する分散補償部6を設ければよい。なおこの分散補償部6は、光源1と誘電体プリズム11の間に設けても良いし、誘電体プリズム11と回折格子21の間に設けてもよい。

## 【0057】

次に、図4を参照して本発明の第2の実施形態について説明する。なおこの図4において、図1中の要素と同等の要素には同番号を付してあり、それらについての説明は特に必要の無い限り省略する（以下、同様）。

## 【0058】

この第2の実施形態の測定装置も表面プラズモン測定装置であり、本装置は図1に示した測定装置に、波長選択部20と回折格子を共有し、かつ波長選択部20とほぼ同様な構成を有する波長選択部30および波長選択部30で選択された光ビームL2の光強度分布を2次元画像として撮像するCCD7とを加えたものである。

## 【0059】

波長選択部30は、回折格子21と、回折格子21とCCD7の間に直線的に配置された集光レンズ32、スリット33およびコリメートレンズ34から構成されている。

スリット33は、集光レンズ32の焦点近傍に配置され、回折格子21により集光レンズ32の方向へ反射された光以外の光を遮光している。このため、集光レンズ32の方向へ反射された光、すなわち波長 $\lambda_2$ の光ビームL2のみが抽出され、CCD7によりその光強度分布が撮像される。

## 【0060】

本実施の形態においては、光ビームL1および光ビームL2を同時に選択し、この2つの光ビームの光強度分布を、それぞれ検出することができるので、測定効率を向上させることができる。また異なる波長における全反射減衰の状態を容易に比較することができる。

## 【0061】

次に、図5を参照して本発明の第3の実施形態について説明する。なおこの図3において、図1中の要素と同等の要素には同番号を付してあり、それらについての説明は特に必要の無い限り省略する（以下、同様）。

## 【0062】

この第2の実施形態の測定装置も表面プラズモン測定装置であり、本装置は図1のものと比べると、その測定ユニット40の形状が異なるものである。本実施形態において測定ユニット40は、誘電体プリズム41と、液体試料を保持する液だめ部を有する容器状部42とからなり、容器状部42の底面部43とプリズム41とは同一屈折率であり、両者は屈折率マッチング手段44を介して接合されている。容器状部42の底面部43の液だめ部側には金属薄膜45が配されており、金属薄膜45上に液体試料46が充填される。試料交換時には容器状部42ごと交換すればよい。なお、容器上部42は、本発明の試料保持機構として機能するものである。

## 【0063】

平行光束とされた光ビームLは、誘電体プリズム41の一面から入射され、該プリズム、屈折率マッチング手段44および容器状部42の底部43を透過してこの底部43と金属薄膜45との界面43aの所定の領域（光ビームの断面積に応じた領域）に入射し、該界面43aで反射されてプリズム41の他面から出射される。その後、第1の実施の形態と同様に、波長 $\lambda_1$ の光ビームL1が選択され、その光強度分布が可視像化される。この像の撮像や、それに基づく試料46の屈折率分布の測定等

は、第 1 実施形態におけるものと同様である。なお、本実施の形態においては、第 1 の実施の形態における効果に加え、容器状部 42 を誘電体プリズム 41 に対して容易に交換可能であり、測定効率および測定コストを低減することができる。

## 【 0 0 6 4 】

次に、図 6 を参照して本発明の第 4 の実施形態について説明する。この第 3 の実施形態の測定装置も表面プラズモン測定装置であり、本装置は図 1 のものと比べると、その測定ユニット 50 の形状が異なるものである。本実施形態において測定ユニット 50 は、誘電体プリズム 51 と、この誘電体プリズム 51 の上面に形成された例えば金、銀、銅、アルミニウム等からなる金属薄膜 52 と、金属薄膜 52 上の異なる箇所に配された異なる種類の複数のセンシング物質 53 a、53 b … と、液体試料 54 をこのセンシング物質 53 a、53 b … に接触させつつ流入出するための流路を有した試料保持部 55 とを有している。

## 【 0 0 6 5 】

センシング物質 53 a、53 b … は、それぞれ異なる特定物質と相互作用するものであり、各特定物質とセンシング物質との組合せとしては、例えば抗原と抗体とが挙げられる。すなわち、ここでは、異なる複数のセンシング物質 53 a、53 b … を配し、各センシング物質 53 a、53 b … と相互作用する特定物質が試料 54 中に存在するか否か等进行检查することができる。

## 【 0 0 6 6 】

また、液体試料 54 の測定においては、センシング物質と試料中の特定物質とが反応するために、試料の濃度が変化してしまうという問題が考えられるが、本実施形態のように液体試料 54 をセンシング物質 53 a、53 b … に接触させつつ流入出させることにより、液体試料 54 の濃度変化を防ぎ、常に液体試料 54 の濃度を一定に保った状態で、すなわち常に同一条件下で測定を行うことができる。

## 【 0 0 6 7 】

平行光束とされた光ビーム L はプリズム 51 と金属薄膜 52 との界面 51 a に入射されるが、この際、光ビームの断面積は、金属薄膜 52 上の複数のセンシング物質 53 a、54 b … が配されている範囲に亘って照射される程度の大きさとされている。その後、第 1 の実施の形態と同様に、界面 51 a で反射された光ビーム L から波長

$\lambda 1$  の光ビーム  $L 1$  が選択され、その光強度分布が可視像化される。表示部 5 上の各センシング物質 53 a、53 b … に対応する箇所における光強度により特定物質の有無、もしくは濃度等を検出することができる。

#### 【 0 0 6 8 】

次に、図 7 を参照して本発明の第 5 の実施形態について説明する。この第 5 の実施形態の測定装置も表面プラズモン測定装置であり、本装置は図 1 のものと比べると、用いている測定ユニット 60 の形状が異なるものである。本実施形態の測定ユニット 60 は、光ビームが入出力される部分と液体試料 65 を保持する容器状部 62 とが一体化された、概略四角錐の一部が切り取られた形状の誘電体ブロック 61 と、この誘電体ブロック 61 の容器状部 62 の底面に形成された、例えば金、銀、銅、アルミニウム等からなる金属薄膜 63 とを有しており、さらに、金属薄膜 63 の上にセンシング物質 64 が固定されている。

#### 【 0 0 6 9 】

本実施形態においても、光源 1 から発せられた光ビーム  $L$  は、誘電体ブロック 61 の一面から入射して、該ブロック 61 を透過し、それと金属薄膜 63 との界面 61 a に入射する。界面 61 a に入射した光ビーム  $L$  はそこで全反射し、全反射した光ビーム  $L$  は誘電体ブロック 61 の他面から出射する。その後、第 1 の実施の形態と同様に、光ビーム  $L$  から波長  $\lambda 1$  の光ビーム  $L 1$  が選択され、その光強度分布が可視像化される。この構成においては、試料 65 中の特定物質とセンシング物質 64 の結合状態に応じて、このセンシング物質 64 の屈折率が変化する。そこで、界面から反射された光ビーム  $L 1$  の断面の光強度分布を CCD 3 によって撮像し、その画像を利用すれば、センシング物質 64 の屈折率分布つまりは試料 65 中の特定物質とセンシング物質 64 との結合状態の分布を求めることができる。

#### 【 0 0 7 0 】

また、前記測定ユニット 60 は、誘電体ブロック、金属薄膜、および試料保持機構が一体化されているものであり、この測定ユニット 60 を順次交換することにより、次々と異なる測定ユニットを用いた測定が可能であり、測定効率が向上する。

#### 【 0 0 7 1 】

次に、図 8 を参照して本発明の第 6 の実施形態について説明する。この第 6 の実施形態の装置は先に説明した漏洩モード測定装置であり、本実施形態において測定ユニット 40' は、誘電体プリズム 41 と、液体試料を保持する液だめ部を有する容器状部 42 とからなり、容器状部 42 の底面部 43 とプリズム 41 とは同一屈折率であり、両者は屈折率マッチング手段 44 を介して接合されている。容器状部 42 の底面部 43 の液だめ部側にはクラッド層 71 およびこのクラッド層 71 上に配された光導波層 72 が形成されており、この光導波層 72 上に液体試料 46 が充填される。すなわち、金属薄膜の代わりにクラッド層 71 および光導波層 72 を備えるものとしたという点で上述の第 3 の実施形態の構成と異なり、それ以外は同様に構成されている。

#### 【 0 0 7 2 】

なお、本実施形態において誘電体プリズム 41 は、例えば合成樹脂や B K 7 等の光学ガラスを用いて形成されている。一方クラッド層 71 は、誘電体プリズム 41 よりも低屈折率の誘電体や、金等の金属を用いて薄膜状に形成されている。また光導波層 72 は、クラッド層 71 よりも高屈折率の誘電体、例えば P M M A を用いてこれも薄膜状に形成されている。クラッド層 71 の膜厚は、例えば金薄膜から形成する場合で 36.5 n m、光導波層 52 の膜厚は、例えば P M M A から形成する場合で 700 n m 程度とされる。

#### 【 0 0 7 3 】

上記構成の漏洩モード測定装置において、光源 1 から発せられた光ビーム L を、誘電体プリズム 41、屈折率マッチング手段 44 および容器状部 42 の底面部 43 を通して、該底面部 43 とクラッド層 71 との界面 41 a の所定の領域に対して、所定波長の光を全反射角以上の所定入射角で入射させると、該光ビーム L が界面 43 で全反射するが、クラッド層 71 を透過して光導波層 72 に特定入射角で入射した特定波数の光は、該光導波層 72 を導波モードで伝搬するようになる。こうして導波モードが励起されると、入射光のほとんどが光導波層 72 に取り込まれるので、上記界面 43 で全反射する光の強度が鋭く低下する全反射減衰が生じる。

#### 【 0 0 7 4 】

光導波層 72 における導波光の波数は、該光導波層 72 の上の試料 46 の屈折率に依

存する。そこでこの場合も、界面で反射された光ビームLから所定波長 $\lambda_1$ の光ビームL1を選択し、光ビームL1の断面の光強度分布による像をCCD5によって撮像し、その画像を再生すれば、全反射減衰を利用して試料46中の屈折率分布を測定することが可能になる。

【0075】

また、この場合も、誘電体プリズム41の界面41aで全反射した光ビームLから、波長 $\lambda_1$ の光ビームL1を選択し、選択された光ビームL1における光強度分布を測定するため、光ビームLから光ビームL1を選択する際に、迷光を排除することができ、従来の表面プラズモン測定装置において用いられている波長選択フィルタが不要となるので、測定装置の小型化および低コスト化が可能となる。

【0076】

なお、上記第3の実施形態から第6の実施形態においては、波長選択部を1つ備えた測定装置について説明を行ったが、第2の実施例と同様に2つの波長選択部を備えてもよく、また3つ以上の波長選択部を備えてもよい。また、光ビームLから選択する光ビームの波長を予め設定せずに、回折格子を回転させることにより、順次波長を掃引して、連続的な光強度分布を測定するものであってもよい。さらに、各実施の形態においては、波長選択部として、回折格子を用いたものを使用したか、これに限定されるものではなく、波長を選択できるものであれば、如何なるものであってもよく、例えばプリズムなどであってもよい。なお、CCDとして、冷却CCDを用いれば、一層精度良く測定を行うことができる。またCCDの代わりにフォトダイオードを用いた光検出器を用いてもよく、この場合には、CCDよりも高速かつ高精度の測定が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施形態による表面プラズモン測定装置の側面図

【図2】

表面プラズモン測定装置における光ビームの波長と、光強度との関係を示す模式図

【図3】

表面プラズモン測定装置の変型例の側面図

【図 4】

本発明の第 2 の実施形態による表面プラズモン測定装置の側面図

【図 5】

本発明の第 3 の実施形態による表面プラズモン測定装置の側面図

【図 6】

本発明の第 4 の実施形態による表面プラズモン測定装置の側面図

【図 7】

本発明の第 5 の実施形態による表面プラズモン測定装置の側面図

【図 8】

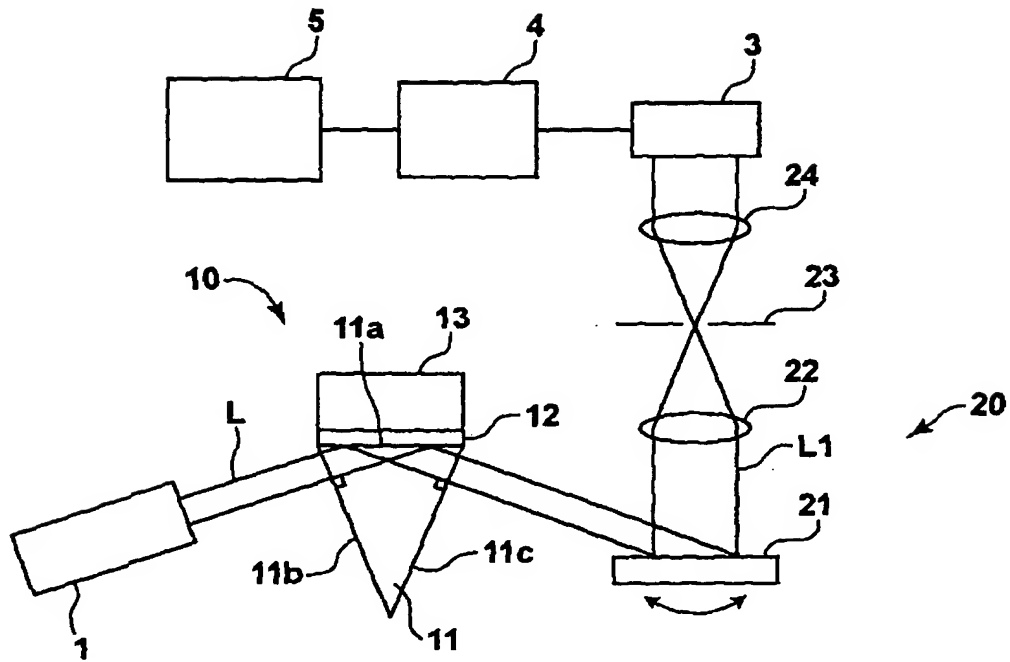
本発明の第 6 の実施形態による漏洩モード測定装置の側面図

【符号の説明】

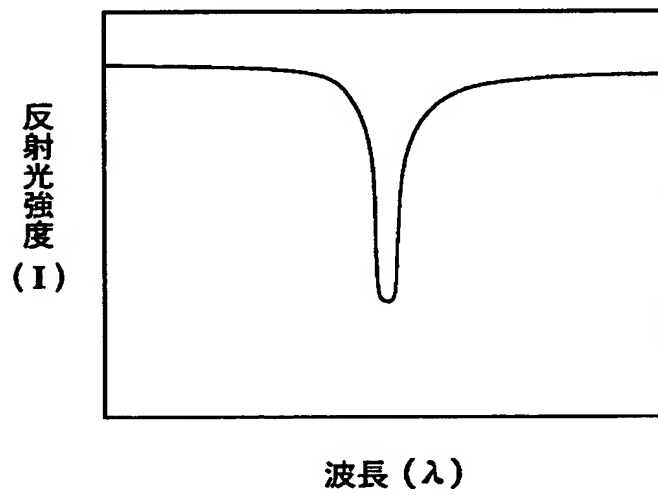
- |                        |          |
|------------------------|----------|
| 1                      | 光源       |
| 3, 7                   | CCD      |
| 4                      | 信号処理部    |
| 5                      | 表示部      |
| 6                      | 分散補償部    |
| 10, 40, 40', 50, 60    | 測定ユニット   |
| 11, 41, 51             | 誘電体プリズム  |
| 12, 45, 52, 63, 33, 43 | 金属薄膜     |
| 13, 46, 56, 65         | 試料       |
| 21                     | 回折格子     |
| 22, 32                 | 集光レンズ    |
| 23, 33                 | スリット     |
| 24, 34                 | コリメートレンズ |
| 53 a、53 b …, 64        | センシング物質  |
| 61                     | 誘電体ブロック  |
| L, L 1, L 2            | 光ビーム     |

【書類名】 図面

【図 1】

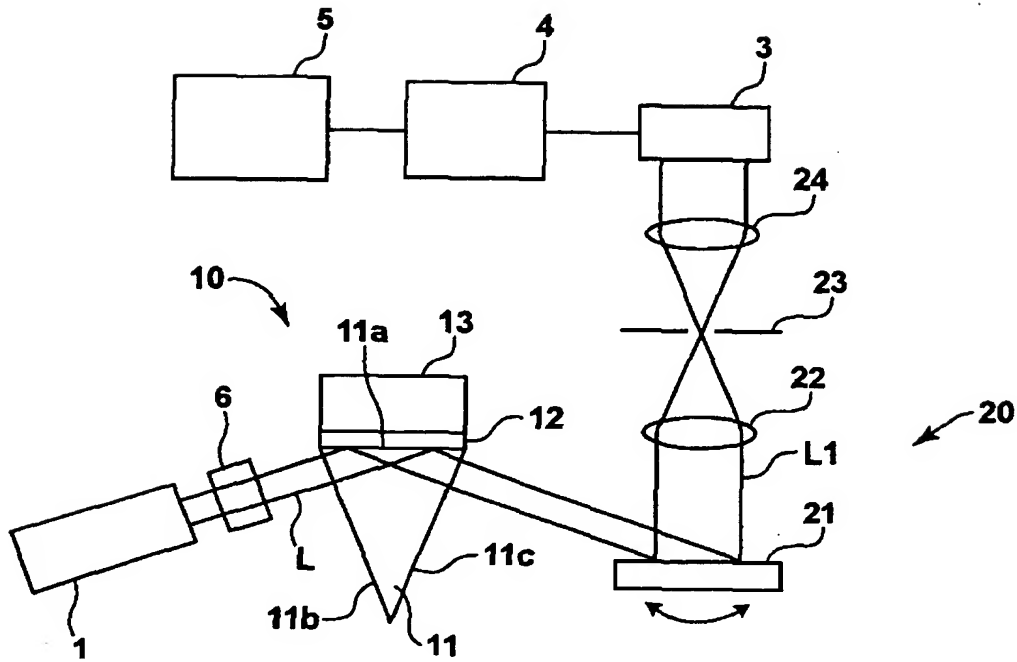


【図 2】

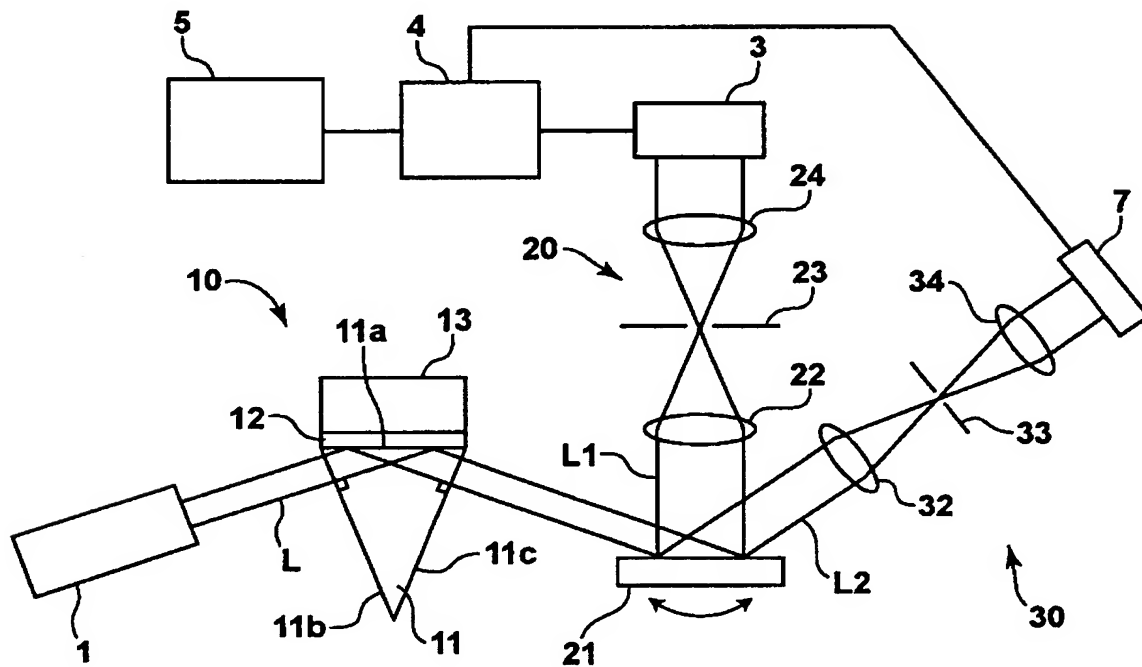




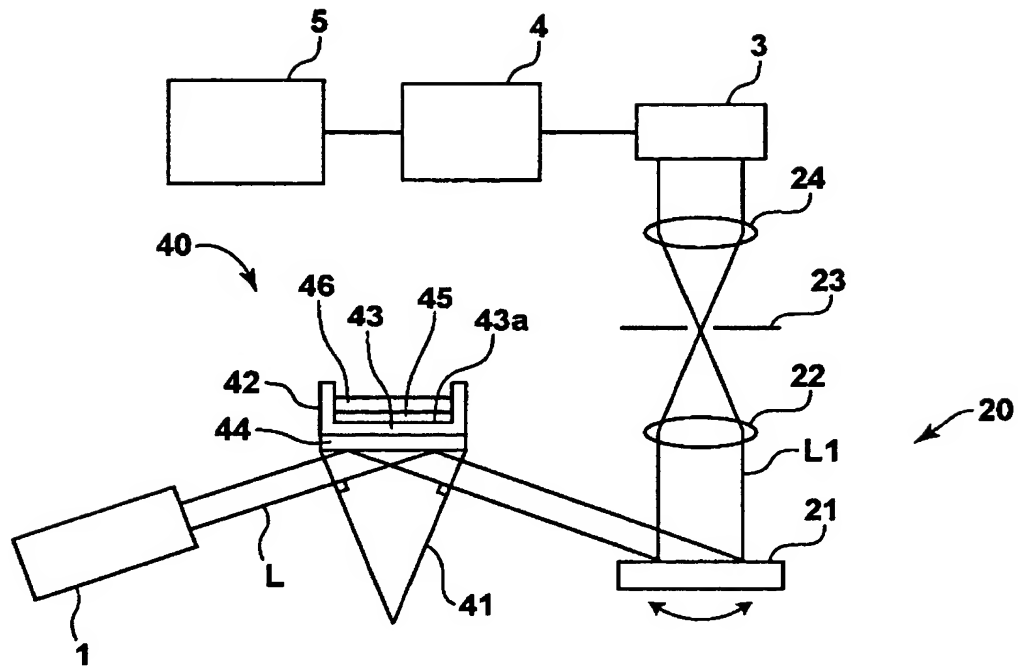
【図 3】



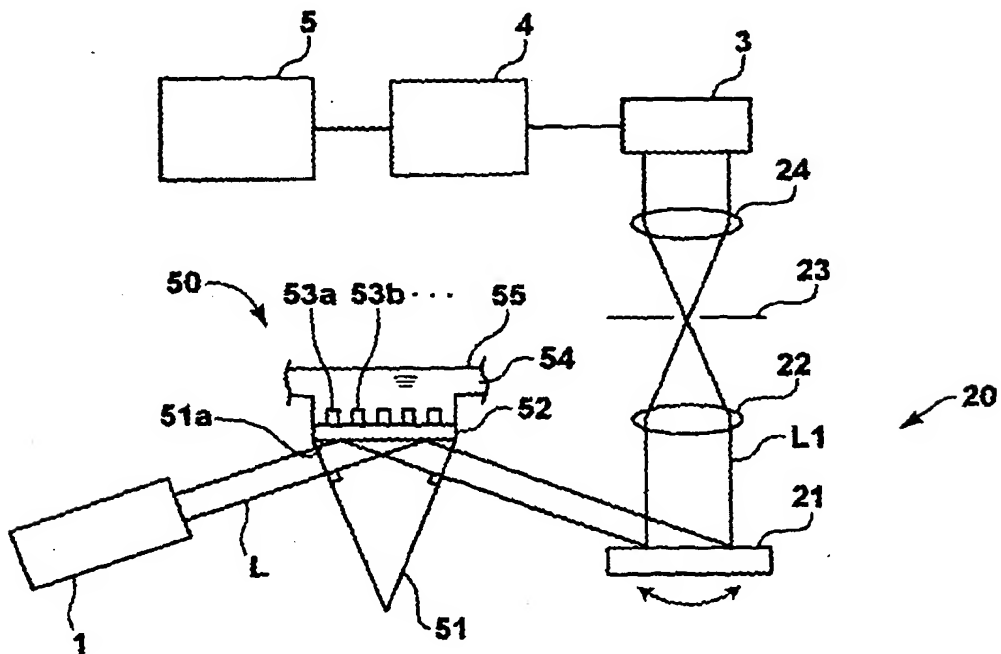
【図 4】



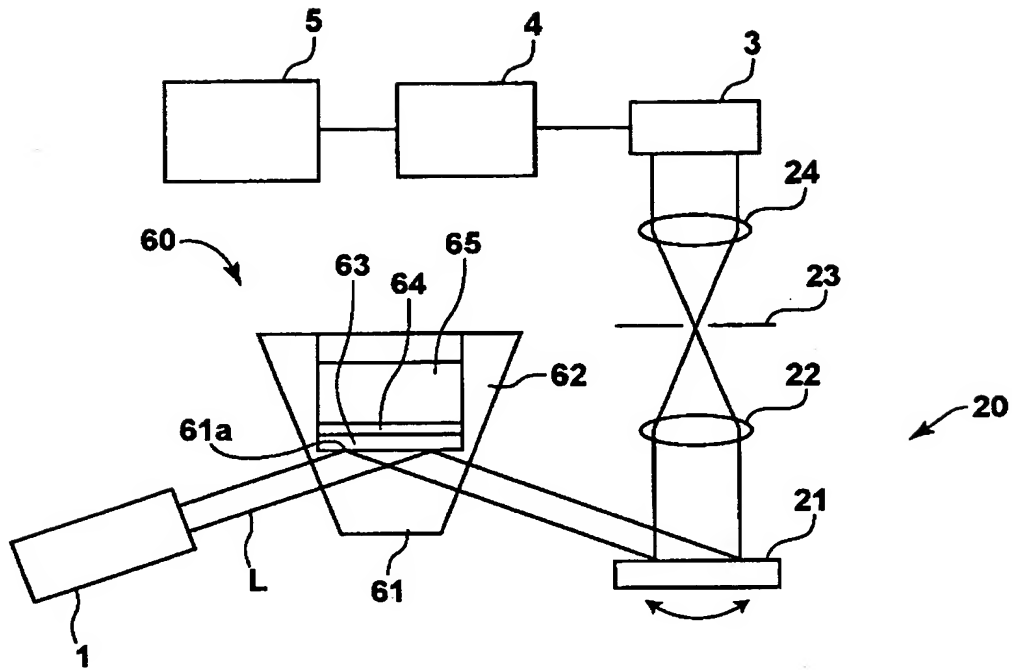
【図 5】



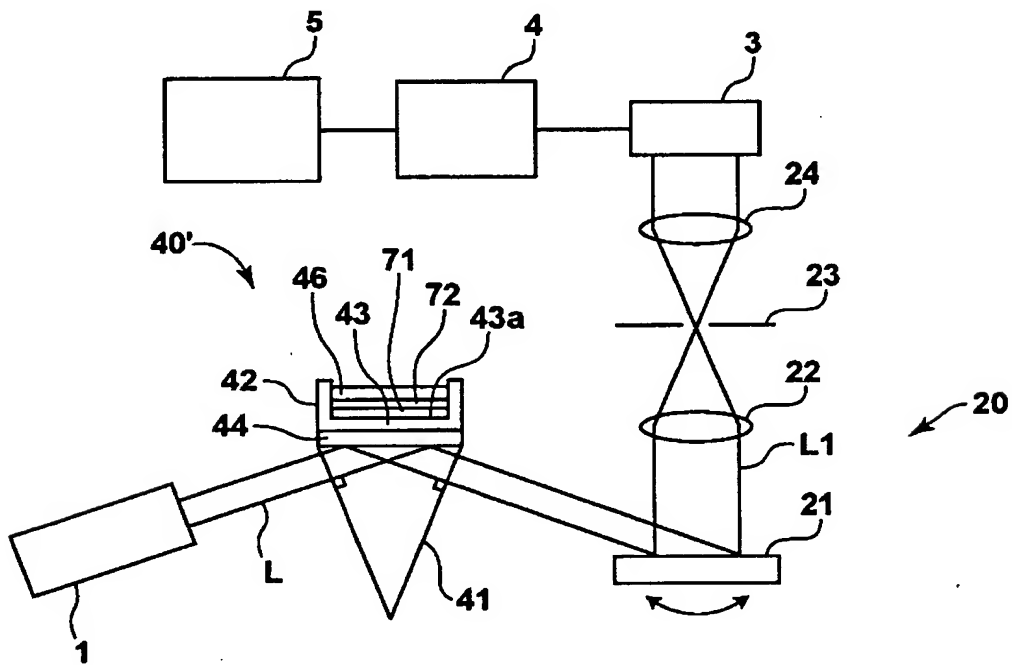
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光ビームを大きな断面積を有する平行光束として測定面に入射させ、該測定面で反射した光ビームの中の所定波長の光ビームの断面の光強度分布を検出する測定装置において、迷光を低減し、かつ小型な装置を実現する。

【解決手段】 十分な断面積を有する平行光束である光ビームLを、誘電体プリズム11上の金属薄膜12との界面11aで全反射条件が得られる角度で入射させる。波長選択部20により、上記界面11aにおいて全反射した光ビームLから、所定の波長の光ビームL1を選択し、その光強度分布を検出する。波長選択部20により迷光を除去する。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 8 4 1 2 2
受付番号	5 0 2 0 1 4 5 7 0 1 0
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0 0 9 0
作成日	平成 1 4 年 1 0 月 8 日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成14年 9月27日
【特許出願人】	
【識別番号】	000005201
【住所又は居所】	神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地
【氏名又は名称】	富士写真フイルム株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100073184
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3 - 1 8 - 3 新横 浜 K S ビル 7 階
【氏名又は名称】	柳田 征史
【選任した代理人】	
【識別番号】	100090468
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3 - 1 8 - 3 新横 浜 K S ビル 7 階
【氏名又は名称】	佐久間 剛

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 2 0 1 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 1 4 日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地
氏 名	富士写真フイルム株式会社